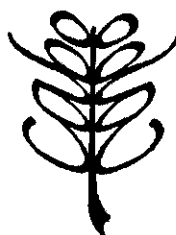


CABO ONKRUIDONDERZOEK GERICHT OP REDUCTIE VAN HET HERBICIDENGEBRUIK

(De chemische en biologische onkruidbeheersing)

M. Hoogerkamp

**CABO-Verslag nr. 122
1989**



**Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek,
Postbus 14, 6700 AA Wageningen**

VOORWOORD

De onkruidbeheersing dient in de praktijk de komende jaren ingrijpend te veranderen. Met name het herbicidengebruik dient hierbij te worden gewijzigd; de land- en tuinbouw dient minder afhankelijk van de chemische bestrijding te worden, de meest riskante stoffen van mens en milieu zullen moeten worden teruggetrokken en het volumegebruik zal sterk gereduceerd moeten worden.

Aangezien de herbiciden nu, in de gangbare land- en tuinbouw, een centrale plaats bij de onkruidbeheersing innemen en er geen duidelijk alternatief is, dient een geïntegreerde strategie ontworpen te worden.

Om het CABO-onderzoek op zo goed mogelijke wijze af te stemmen op deze ontwikkelingen werd, in overleg met diverse medewerkers van het CABO en van andere relevante onderzoeksinstituten, de volgende nota geschreven over het CABO-onderzoek betreffende de chemische en biologische onkruidbeheersing. Deze nota is een vervolg op de nota "Onkruidkundig Onderzoek op het CABO in de periode 1988-1991" (CABO-verslag 89; 1988, Wageningen, 1988, pp).

Het hoofd van de afdeling
Vegetatie- en Onkruidkunde

Dr.ir. M. Hoogerkamp

INHOUD

BLZ.

1.	Inleiding	3
2.	Het herbicidenonderzoek	6
2.1.	Inleiding	6
2.2.	Potentiële onderwerpen	7
2.3.	Herbicidenonderzoek ten behoeve van geïntegreerde landbouw: de behoefte aan integratie van onkruidkundig onderzoek	15
2.4.	Onderzoeksprioriteiten	17
2.5.	Conclusies	20
3.	Biologische onkruidbeheersing	22
3.1	Inleiding	22
3.2	Methoden van biologische onkruidbeheersing	22
3.3	Onderzoek op het CABO	23
3.4	Organisatorische aspecten	25
3.5	Karakteristieken van het onderzoek	26
3.6	Kriteria voor keuze van onkruidsoorten die biologisch bestreden kunnen worden	29
4.	Samenvatting	31
Bijlage	I. Het herbicidengebruik	33
Bijlage	II. Biologische Onkruidbestrijdingsmiddelen	35
Bijlage	III. Jaarverslag EWRS, Main Subject Area Biological Weed Control	44
Bijlage	IV. Onkruidsoorten die in aanmerking komen voor biologische bestrijding	47

1. INLEIDING

Deze nota is een vervolg op de nota "Onkruidkundig Onderzoek op het CABO in de periode 1988-1991" (CABO-verslag 89; 1988).

Het betreft hier met name een nadere uitwerking van het onderzoek betreffende herbiciden en betreffende de biologische onkruidbeheersing.

De onkruidbeheersing is in de Nederlandse land- en tuinbouw meestal gericht op een zo volledig mogelijke doding van het onkruid; de realisatie hiervan gebeurt overwegend met herbiciden en de hierbij gebruikte doseringen zijn meestal afgestemd op ongunstige omstandigheden.

Alle drie aspecten brengen een aantal negatieve neveneffecten met zich mee. Wat betreft het streven naar een zo compleet mogelijke vernietiging van het onkruid doen zich de volgende bezwaren voor:

- de abundantie van een groot aantal landschappelijk-visueel en natuurtechnisch waardevolle plantesoorten is sterk afgenomen;
- een aantal plantesoorten dat gebonden is aan agrarische habitats is verdwenen of worden met uitroeiing bedreigd;
- de direct of indirect van de in abundantie of presentie afnemende onkruidsoorten afhankelijke fauna wordt gereduceerd en ook hier worden een aantal soorten in hun voortbestaan bedreigd;
- lage onkruidbezettingen kunnen een positieve invloed hebben op interactie plaagorganisme en gewas en op de omvang van de bestrijding van deze ziekten en plagen; hiervan wordt op deze manier geen gebruik gemaakt;
- er wordt veelal meer bestreden dan economische verantwoord is;
- de door deze rigoreuze bestrijding opgeroepen negatieve neveneffecten zijn groter dan uit teeltkundige overwegingen nodig is.

De sterk eenzijdig gerichte chemische bestrijding brengt steeds meer problemen met zich mee, zowel humaan toxicologisch, ecotoxicologisch, milieutechnisch als agrarisch gezien. Gevreesd moet worden dat de tot nog toe aan het licht getreden negatieve neveneffecten bij een voortzetting van het huidige herbicidengebruik, een gericht onderzoek naar negatieve nevenaspecten en het toepassen van betere analysetechnieken zowel in aantal als in omvang zullen toenemen. De met name recent in de openbaarheid gekomen waterverontreinigingen met gewasbeschermingsmiddelen (grondwater en oppervlaktewater; drinkwater) betreffen vooral herbiciden.

Deze effecten worden nog versterkt doordat de voor de vernietiging van het onkruid in het algemeen hogere doseringen worden gebruikt dan strikt nodig is. Dit komt in de eerste plaats omdat men de dosering heeft afgestemd op een voldoende effect onder ongunstige omstandigheden, die naar de indruk is sterk in de minderheid zijn. Daarnaast spelen ook andere factoren als een niet optimale formuleringen en minder goede toedieningstechnieken hierbij een rol.

Een terugdringing van het herbicidengebruik in land- en tuinbouw is dan ook dringend gewenst en vormt daarom een duidelijke beleidsprioriteit; herbiciden zijn in dit opzicht zo belangrijk, omdat ze massaal worden toegediend (Bijlage I) en omdat ze intensief met de grond in aanraking komen.

Een dergelijke terugdringing roept allerlei vragen op; deze betreffen twee categorieën:

- het opsporen en kwantificeren van ongewenste neveneffecten;
- het zoeken naar alternatieven voor en verbeteringen van de chemische onkruidbestrijding die in de agrarische praktijk kunnen worden toegepast.

Het CABO-onderzoek richt zich vooral op de laatste categorie. In het onderhavige rapport zijn van deze aanpak twee aspecten beschreven: het herbicidenonderzoek en het onderzoek betreffende de biologische bestrijding.

2. HET HERBICIDENONDERZOEK

2.1 INLEIDING

Bij het schrijven van deze discussienota is er van uitgegaan dat de momenteel bekende alternatieven voor de chemische onkruidbestrijding nog onvoldoende perspectieven bieden om de chemische bestrijding geheel te vervangen en er bovendien reële mogelijkheden zijn om de negatieve neven-effecten van het herbicidengebruik sterk te reduceren.

Het herbicidengebruik kan sterk verminderd worden doch herbiciden zullen ook de komende jaren op de gangbare bedrijven, een (essentiële) rol spelen bij de onkruidbeheersing. Onderzoek betreffende het optimaliseren van herbicideninzet is daarom noodzakelijk.

Onkruid kan in principe altijd niet-chemisch worden bestreden (manueel, mechanisch, fysisch, enzovoorts), maar berekeningen tonen aan dat dit bij de huidige prijsverhoudingen praktisch geen haalbare zaak is. Dit blijkt ook op (proef)bedrijven (OBS-Nagele; BD-bedrijven), waar geen of zo weinig mogelijk herbiciden worden toegepast. Wel is hier gebleken dat een veel grotere bijdrage van met name mechanische bestrijding en teeltmaatregelen op korte termijn te realiseren is. Maar ook, dat een teelt zonder chemische bestrijding technisch (nog) zelden haalbaar is; hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan onkruidbestrijding in gewasrijen, bestrijding op slempgevoelige gronden en (pleksgewijze) bestrijding van overblijvende onkruiden.

Voor het inbouwen van een veilige/verantwoorde chemische onkruidbeheersing in een geïntegreerd en duurzaam bedrijfssysteem, kan het herbicidenonderzoek op vele manieren een positieve bijdrage leveren. Reële mogelijkheden om tot een reductie van (de negatieve effecten van) het

herbicidengebruik te komen, zijn verfijning van deze bestrijdingstechniek en het bewerkstelligen van een effectiever werkingsmechanisme. Naar verwachting kunnen afdoende effecten worden verkregen bij een gebruik aan actieve stof van omstreeks 1/3-1/5 van het huidige dosering, als verfijndere technieken gecombineerd worden met een betere werking van herbiciden.

Wat betreft alternatieve onkruidbeheersingstechnieken wordt op het CABO gewerkt aan biologische onkruidbestrijding. De ontwikkeling van de mechanische en thermische onkruidbeheersingsmethodes betreft in eerste instantie vooral het ontwerpen en construeren van apparatuur en het hierop afstemmen van de teelttechniek; dit behoort meer tot het takenpakket van het IMAG en de proefstations.

2.2. POTENTIELE ONDERWERPEN

Vermindering van het herbicidengebruik is de hoofddoelstelling; veelal zal dit ook resulteren in een vermindering van de negatieve neveneffecten, verbonden aan het herbicidengebruik. Niet elke volumevermindering levert echter een oplossing voor de problematiek betreffende de neveneffecten; zo zal de substitutie van middelen die in grotere hoeveelheden per oppervlakte-eenheid worden toegediend (enkele kg's per ha) door een aantal, vooral nieuwere middelen, die in veel kleinere hoeveelheden (enkele tientallen grammen per ha) voldoende fytotoxisch zijn, wel in een reductie van de totale hoeveelheid gebruikte actieve stof resulteren, doch niet automatisch in een vermindering van negatieve neveneffecten.

Reductie van het herbicidengebruik en van de negatieve neveneffecten hiervan zijn te realiseren door:

- vermindering van de ongewenste neveneffecten van de toediening van een herbicide;

- gebruik van herbiciden met minder ongewenste neveneffecten;
- verlaging van de dosering van een herbicide per bespuiting;
- verlaging van het aantal keren dat eenzelfde herbicide in een bepaald gewas worden gebruikt;
- vermindering van het aantal keren dat herbiciden in een rotatie worden gebruikt.

Alle genoemde keuzes kunnen zowel voor- als nadelen met zich mee kunnen brengen; voorbeelden hiervan zijn:

- toepassing van de nieuwe ureumaldehyde-verbindingen resulteert in een sterke vermindering van de totale hoeveelheid actieve stof doch de toepassing van dergelijke biologisch superactieve stoffen brengt duidelijke bezwaren met zich mee;
- het beëindigen/beperken van de toelating van "ongewenste" middelen resulteert in een afname van het aantal middelen waardoor de onkruidbestrijding moeilijker wordt (probleemonkruiden, tolerantie, resistentie-ontwikkeling; bemoeilijking teelt, van met name kleine-areaalgewassen);
- het ontwikkelen en toepassen van zeer selectieve middelen kan nuttig zijn met het oog op het sparen van non-target-organismen, doch kan leiden tot verhoging van de totale middeleninzet;
- het vervangen van chemische door niet chemische methoden hoeft niet automatisch te resulteren in minder ongewenste neveneffecten.

In Nederland is momenteel nog geen beleidslijn opgesteld welke weg ter reductie van het herbicidengebruik bewandeld zal worden. Vermindering van het aantal ongewenste middelen wordt gerealiseerd via het toelatingsbeleid. De overige wegen worden kwalitatief aangegeven in beleidsnota's. Er is echter wel een taakstellend meerjarenplan in voorbereiding.

Het herbicidenonderzoek op het CABO kan de volgende bijdragen leveren ten aanzien van de gestelde problematiek:

Onderzoek gericht op aard, toediening en werking van herbiciden

1. *Onderzoek naar depositie, retentie, opname (via het blad), transport en werking van herbiciden.* De eerste drie aspecten worden momenteel reeds bestudeerd (project 665). Het laatste aspect krijgt internationaal gezien veel aandacht en de resultaten zijn relatief gemakkelijk overdraagbaar naar Nederlandse omstandigheden. Aan transport wordt echter weinig gewerkt, terwijl een ineffectief transport een belangrijke rol lijkt te spelen bij de eerder genoemde geringe efficiëntie van de herbiciden.

Meer inzicht in laatst genoemde proces, dat al naar gelang actieve stof en plantensoort kan verschillen, kan resulteren in maatregelen die de effectiviteit van herbiciden kunnen verbeteren. Gedacht kan hierbij worden aan gebruik van hulpstoffen en een betere afstemming van de bespuiting op weersomstandigheden en ontwikkelingsstadium van de plant.

Verbetering van de depositie, retentie en opname lijken echter de meeste perspectieven te bieden. Aansluiting bij het door andere onderzoeksinstellingen uitgevoerde toedieningsonderzoek (IMAG, PAGV) wordt hierbij zoveel mogelijk nagestreefd.

2. *Resistentie van onkruiden tegen herbiciden.*

Momenteel is het onderzoek (project 645) enerzijds gericht op inventarisatie van het voorkomen van resistentie tegen triazinen in de Nederlandse praktijk, terwijl anderzijds het probleem van kruisresistentie tegen andere herbiciden wordt bestudeerd aan de hand van fotosynthesemetingen. Ook wordt de fotosynthesecapaciteit van resistente en gevoelige typen vergeleken. Het tot nog toe uitgevoerde

onderzoek heeft geleerd dat nu reeds een elftal onkruidsoorten resistent zijn tegen triazinen en dat deze resistente onkruiden op zeer veel verschillende plaatsen in Nederland voorkomen. De aanwezigheid van kruisresistentie tegen andere herbiciden vergroot de problemen in de praktijk. In de toekomst zal de aandacht meer moeten worden verlegd naar resistentie tegen andere herbiciden, vooral ook in verband met de te verwachten introductie van gewassen die door genetische manipulatie resistent zijn gemaakt tegen herbiciden. Andere onderwerpen die door het CABO ter hand zouden kunnen worden genomen zijn:

Onderzoek naar alternatieve herbiciden casu quo bronnen voor de produktie van dergelijke herbiciden. Gedacht kan hierbij worden aan allelopatische stoffen die in planten aanwezig zijn of aan toxinen die door micro-organismen of schimmels worden geproduceerd.

Hierbij wordt dan verondersteld (bewijsvoering ontbreekt!) dat deze stoffen minder nadelige eigenschappen (grotere selectiviteit, geringere persistentie e.d.) hebben dan de stoffen die nu worden geproduceerd. Wat betreft de allelochemicaliën beperkt het onderzoek zich tot dusver vooral tot extractie en identificatie van de betreffende stoffen en screening van hun werking op allerlei organismen. Weinig is bekend over syntheseroutes, mogelijkheden voor in vitro produktie en werkingsmechanismen. Dit type onderzoek vereist structurele samenwerking, hetzij met een bedrijf, dan wel met één of meer andere (buitenlandse) onderzoeksinstellingen.

Onderzoek naar omvang en gevolgen en naar mogelijkheden tot beperking van de emissie van herbiciden tijdens en na de bespuiting richting atmosfeer.

Verdamping van herbiciden lijkt een veel groter probleem te zijn dan tot nog toe algemeen werd aangenomen. Een verlies aan herbiciden en schade (aan vegetaties en gewassen) elders kunnen de gevolgen zijn.

Detoxificatie van herbiciden: er zijn aanwijzingen dat de geringe efficiëntie van herbiciden mede wordt veroorzaakt door detoxificatie. Deze detoxificatie kan langs diverse wegen plaats vinden.

Aangenomen wordt dat de mate van detoxificatie wordt bepaald door plantesoort, ontwikkelingsstadium en de klimaatsomstandigheden voorafgaande aan de behandeling. Inzicht in deze verliezen kan leiden tot inzicht in de werkelijk benodigde dosering in een bepaalde situatie.

Dit kan leiden tot besparing van middelen. Daarnaast is het wellicht mogelijk de detoxificatie te remmen door toevoegen van stoffen.

Een meer op onkruid en teeltsysteem gerichte benadering van het herbicidenonderzoek

3. *Invloed van lagere doseringen herbiciden op de groei, concurrentiekracht en de populatiedynamiek van onkruiden.*

- De momenteel geadviseerde doseringen zijn afgestemd op een zekerstelling van het effect, ook onder relatief ongunstige omstandigheden. Vaak blijkt echter met $1/2$ - $1/4$ van de geadviseerde dosering een voldoende effect (casu quo doding van het onkruid) te kunnen worden verkregen. Er dient daarom aangegeven te worden onder welke (extreme) omstandigheden een verhoogde dosering nodig is en dit vereist een beter inzicht in de

relatie effectiviteit en weersomstandigheden. Diverse weersfactoren (vooral temperatuur en luchtvochtigheid), zowel voor, tijdens als enige tijd na de toediening, blijken een zeer belangrijke invloed te hebben op de werking van herbiciden. Daarnaast speelt ook de lengte van de regenvrije periode na de bespuiting een erg belangrijke rol. Dit betreft in eerste instantie een correlatief onderzoek waarbij ook de "parallelen curven-techniek", die door Finney¹⁾ ontworpen is, een nuttige rol zou kunnen spelen; dit sluit aan bij 1.

- De geadviseerde doseringen zijn veelal afgestemd op een qua soortensamenstelling niet (exact) gedefinieerde onkruidpopulatie. Tussen de soorten blijken echter relatief grote verschillen in gevoeligheid te bestaan. Een bij de soortensamenstelling aangepaste dosering biedt dus eveneens mogelijkheden tot vermindering van het herbicidengebruik.
- Onder een goede werking van een herbicide wordt in de praktijk en bij het toelatingsbeleid veelal verstaan dat de onkruiden vrijwel compleet worden gedood. Resultaten van het concurrentie-onderzoek geven echter aan dat voor het opheffen van het onkruidkarakter casu quo de concurrentie ten opzichte van het gewas beperktere beïnvloedingen, bijvoorbeeld een (sterke) reductie van de vitaliteit, voldoende zijn. Een dergelijke benadering zou tevens kunnen betekenen dat bij de toelating middelen met een geringere fytotoxiciteit ten opzichte van het onkruid en een grotere mens-, milieu- en natuurvriendelijkheid een grotere kans krijgen.

1) Finney, D.J. (1978). Statistical methhod in Biological Assay; 3rd Ed. Griffin, London.
Finney, D.J. Bioassay and the practice of statistical interference. Int. Statistical Rev. 47: 1-12.

Notabene: het ligt niet in de lijn der verwachting dat het gebruik van lage doseringen de resistentieontwikkeling tegen herbiciden versterkt. Gezien het minder rigoreus opruimen van de aanwezige onkruiden ligt het omgekeerde zelfs meer voor de hand (inter- en intraspecifieke concurrentie).

4. Onkruidbestrijding na-opkomst

Hier zijn twee benaderingen mogelijk: het onkruid pas bestrijden als het schadelijk voor het gewas wordt, de periode dat het onkruid door de teler onderdrukt moet worden is dan zo kort mogelijk, of het onkruid doden in een zo jong mogelijk stadium, omdat dan het onkruid met relatief lage doseringen bestreden kan worden.

- a) Het in een relatief laat stadium bestrijden. In dit geval is de praktijk er mee gebaat dat de kans op succes bij een late ingreep (bijvoorbeeld 30 dagen na-opkomst van het gewas) groot is.

Vroegere behandelingen, die als zodanig niet nodig zijn doch die worden toegepast omdat bestrijding in een later stadium niet mogelijk of te riskant is worden dan overbodig.

De kans op succes is mede afhankelijk van de werking van herbiciden in relatie tot omgevingsfactoren (bijvoorbeeld luchtvochtigheid en temperatuur) en (eventueel) van de gewasarchitectuur (o.a. bladstand). Om de kans op succes te maximaliseren is inzicht nodig in effecten van beide genoemde factoren op de werking van de herbiciden. Het "probleem" dient te worden vertaald in termen van processen als bijvoorbeeld opname en transport (zie 1.).

- b) Het bestrijden van onkruid in een zeer jeugdig stadium (kiemplant stadium).

De praktijk leert dat voor het bestrijden van het onkruid in een zeer vroeg ontwikkelingsstadium veel minder herbicide nodig is, dan bij bestrijding van oudere planten.

Ondanks de, gezien de gespreide kieming, noodzakelijke herhalingen kunnen zowel de kosten als de hoeveelheid gebruikte actieve stof verlaagd worden vergeleken met de momenteel toegepaste systemen.

Dit onderzoek sluit aan bij het mede door het IRS ontwikkelde "Frans-Limburgse" systeem in suikerbieten. Oorzaken van deze relatief grote gevoeligheid kunnen zijn: de plant heeft minder verdedigings-mogelijkheden (waslaag die penetratie verhindert, detoxificatie) en de verdunning is geringer dan bij grotere onkruiden.

5. *Mate van beïnvloeding van het onkruid*

Momenteel wordt veelal de gehele onkruidpopulatie geëlimineerd. Niet alle soorten zijn echter even schadelijk en sommige, vooral laagblijvende soorten (bijvoorbeeld *Veronica* spp.), die zelf weinig schade aan het gewas veroorzaken zouden zelfs een nuttige rol kunnen spelen bij het onderdrukken van de meer schadelijke soorten. Meer inzicht in de concurrentiekracht van de afzonderlijke soorten ten opzichte van het gewas, de onderlinge beïnvloeding binnen een gemengde onkruidpopulatie en chemische manipuleerbaarheid van dit geheel, kan eveneens een bijdrage leveren tot een verminderd herbicidengebruik.

23. HERBICIDENONDERZOEK TEN BEHOEVE VAN GEÏNTEGREERDE LANDBOUW: DE BEHOEFTE AAN INTEGRATIE VAN ONKRUIDKUNDIG ONDERZOEK

Alle hiervoor genoemde onderwerpen kunnen in principe een bijdrage leveren tot het streven de herbicideninzet bij de onkruidbeheersing te reduceren en daarmee een bijdrage leveren tot het optimaliseren van de geïntegreerde teelt van land- en tuinbouwgewassen.

Op korte termijn lijkt het onderzoek gericht op het werken met lage doseringen (3) echter de meeste kans op succes te bieden. Bovendien kunnen op deze manier de verschillende aspecten van het onkruidkundig onderzoek op het CABO verder worden geïntegreerd.

Voor het daadwerkelijk aandragen van nieuwe strategieën ter vermindering van het gebruik van herbiciden is het echter van belang dat de onderlinge afstemming en integratie van het onderzoek aangaande de efficiëntie en effectiviteit van herbiciden, de effecten van concurrentie van onkruiden op de gewasopbrengst en de populatiedynamica van onkruiden worden versterkt. Dit is nu in onvoldoende mate het geval. Het belangrijkste criterium om de effectiviteit van onkruidbestrijding te beoordelen dienen de mate van concurrentieschade aan het te velde staande gewas (meetbaar aan gewasproductie en -kwaliteit) en aan volggewassen (af te leiden uit reproductie van onkruiden) te zijn en niet de doding van het onkruid. Hiertoe kan, naar het zich laat aanzien, met subletale doseringen worden volstaan. Om het effect van chemische onkruidbestrijding in een gewas bij subletale doseringen van herbiciden te beoordelen zijn onder meer de volgende factoren van belang:

- keuze herbicide(n), op basis selectiviteit t.a.v. gewas en gevoeligheid van de aanwezige onkruiden;
- dosering herbicide;

- tijdstip toediening;
- weersomstandigheden; grondsoort.

Door in het onderzoek de effectiviteit van herbiciden niet alleen te relateren aan percentage doding maar ook aan een aantal morfogenetische (en fysiologische) processen op orgaan- en plantniveau, in afhankelijkheid van dosering, kan de basis worden gelegd voor een andere benadering en kan de genoemde integratie worden gerealiseerd. Daartoe is inzicht nodig in effecten van herbiciden op morfogenese (bladontwikkeling en hoogte van de plant), fotosynthese, respiratie en op de reproductie van onkruiden (zowel op plant- als populatieniveau). Inzicht in de werking van een herbicide op gewasniveau kan met name worden verkregen door gebruik te maken van bestaande simulatie-modellen voor gewas-onkruid interacties. In dit meer oecologisch gericht onderzoek worden deze processen bestudeerd in afwezigheid van herbiciden. Resultaten van de concurrentiestudies laten zien dat pas bij het overschrijden van bepaalde dichtheden (al naar gelang het opkomsttijdstip) concurrentieschade aan het gewas optreedt. Door de effectiviteit van herbiciden ook te relateren aan deze processen wordt niet alleen inzicht verkregen in effecten van herbiciden (bij verschillende doseringen) op plantniveau, maar ook op gewasniveau. Door inbouw van deze effecten in de modellen kan de invloed van herbiciden, bij verschillende doseringen, op de concurrentiekracht en het reproductie- vermogen van het onkruid worden gekwantificeerd. Er wordt dan bijvoorbeeld de mogelijkheid geboden te testen of groeiremming en/of onvolledige doding van onkruiden door een verlaagde dosis herbicide voldoende is om reductie van gewasopbrengsten en de produktie van onkruidzaden te voorkomen.

Het voorgestelde onderzoek aan herbiciden is vernieuwend. In de literatuur is zeer weinig bekend over de effecten van subletale doseringen van

herbiciden op het functioneren van planten. Ook integratie van resultaten van herbicide-onderzoek in simulatiemodellen voor gewasgroei heeft nog niet eerder plaatsgevonden. Tevens zal dit onderzoek richting kunnen geven aan het (elders uit te voeren) praktijkonderzoek.

In een later stadium kan eveneens geprobeerd worden om resultaten van het onderzoek naar biologische bestrijdingsmiddelen, die veelal ook vitaliteitsvermindering geven bij het onkruid, op vergelijkbare wijze te integreren op plant- en gewasniveau met resultaten met betrekking tot gewas/onkruidinteractie.

De duurzaamheid van een bestrijdingsstrategie moet op bedrijfsniveau worden onderzocht. De keuze van bestrijdingsmiddelen moet erop gericht zijn, dat geen ongewenste verschuivingen in onkruidpopulaties en soortenspectrum optreden. Ongewenste verschuivingen worden gesignaleerd door het meten van enkele populatiedynamische parameters (o.a. zaadproductie) binnen een gewasrotatie. In nauwe samenwerking met anderen zal getracht moeten worden om ongewenste ontwikkelingen te vermijden door integratie met andere bestrijdingsmaatregelen en -methoden (vrucht-wisseling, teeltmaatregelen, mechanische en biologische bestrijding).

2.4. ONDERZOEKSPRIORITEITEN

Een optimaler resultaat van de chemische onkruidbestrijding met een beperktere belasting van het milieu kan op verschillende manieren worden verkregen; de meeste kans op succes lijken de volgende benaderingen te bieden:

- a. verbetering van de toediening van de herbiciden aan het onkruid.
fysiologisch-biochemisch: effect op processen in de plant (opname, translocatie, metabolisme, werking).

b. *verbetering van de herbicidenwerking:*

Berekeningen leren dat bij volveldsaanwending van herbiciden slechts 2-5 % van de actieve stof op de plek van werking komt en hier effectief is; het betreft hier ten dele aanwendingsverliezen (herbicide komt niet op het onkruid) en ter dele werkingsverliezen (herbicide werkt onvoldoende).

c. *een betere afstemming van het na te streven bestrijdingseffect op de nadelige effecten van het onkruid ten opzichte van het gewas.*

Dit laatste betreft met name vermindering van de concurrentie door het aanwezige onkruid en de vorming van diasporen (toekomstige schade).

Nu wordt veelal gestreefd naar een vrijwel volledige doding van het aanwezige onkruid, terwijl onder andere uit het onderzoek van Lotz & Kropff met suikerbieten, granen en maïs blijkt dat een partiële doding of alleen maar een tijdelijke remming van de groei ook voldoende kunnen zijn om opbrengstreducties door concurrentie te voorkomen.

Voor het tegengaan van de in de praktijk zo gevreesde generatieve vermeerdering is een algehele doding van het onkruid niet nodig en kan worden volstaan met een reductie in de groei en de ontwikkeling van het onkruid. Uit onderzoek in Denemarken is gebleken dat toediening van een halve dosering eenzelfde effect had op de zaadproduktie als een volledige (geadviseerde) dosering.

Het relevante CABO-onderzoeksgebied kan als volgt schematisch worden weergegeven:

Fig. 1. Een schematisch weergave van het CABO-herbicidenonderzoek.

I. Dosering/toediening van herbiciden (depositie en retentie)

- (1) | - weersomstandigheden
- formulering
- onkruidspectrum

II. Effectiviteit herbicidenwerking (opname en translocatie)

- (2) | - planteigenschappen
- externe factoren (weersomstandigheden, dosering,
formulering e.d.).

III. Effect van herbiciden op de groei en ontwikkeling van het onkruid (reductie groei en vermeerdering, c.q. doding).

- (3) | - planteigenschappen
- omgevingsfactoren (weersomstandigheden,
teeltmaatregelen e.d.).

IV. Gevolgen voor onkruid/gewas-interacties (m.n. concurrentie) en voor de vegetatieve en generatieve vermeerdering van het onkruid.

In het huidige werkplan krijgen I, II en IV (Fig. 1) de nodige aandacht. Vergroting van de onderzoeksinspanning op het hier aangegeven gebied kan in principe op alle in paragraaf 2 genoemde onderwerpen plaats vinden. Gezien de op het CABO aanwezige expertise, het taakveld van het CABO en de resultaatverwachting wordt echter de voorkeur gegeven aan de volgende twee onderzoeksbenaderingen:

1. Het inzetten van een onderzoeker met vooral chemische en bio-chemische expertise, die op procesniveau onderzoek verricht(en) betreffende de translocatie, de werking en eventueel van detoxificatie van herbiciden door/in de plant (het onkruid) (Fig. 1; I en II).

Het doel is grensverleggend onderzoek te verrichten aan zeer specifieke onderwerpen, die (op langere termijn) een bijdrage kunnen leveren aan genoemde problematiek. Deze zeer specifieke benadering zal wetenschappelijk gezien ongetwijfeld interessante resultaten opleveren, doch brengt het risico met zich mee dat de resultaten voor de praktijk relatief lang op zich laten wachten.

2. Een meer integrerende onderzoeksbenadering; het inzetten van onderzoekscapaciteit met een bredere en meer systeemgerichte belangstelling betreffende de chemische onkruidbestrijding, die zich (in voldoende mate fundamenteel) kan inzetten voor het bestuderen van vragen die verbonden zijn met het inbouwen van de chemische bestrijding in geïntegreerde onkruidbeheersings- casu quo teelt- en bedrijfssystemen. Gezien de op relatief korte termijn gewenste/noodzakelijke veranderingen bij de onkruidbeheersing en de vele problemen die zich hierbij voordoen, kan op deze manier een meer directe aansluiting bij de geïntegreerde onkruidbeheersing plaatsvinden.

De verwachting is dan ook dat deze laatste aanpak op korte termijn in de grootste verbeteringen van de in de praktijk toegepaste onkruid-beheersingssystemen kan resulteren.

2.5. CONCLUSIES

Het hiervoor geschetste onderzoeksgebied van het CABO (Fig. 1) kan op verschillende manieren worden ingevuld. Voorop staan hierbij een proces-/herbicide-gerichte benadering en een onkruid-/systeemgerichte benadering. Tussen beide kan geen scherpe grens worden getrokken. De systeemgerichte benadering zal resultaten van procesgerichte onderzoek nodig hebben en omgekeerd.

Gezien de beleidsprioriteiten ten aanzien van de beperking van het herbicidengebruik en de vele problemen die zich hierbij voordoen is het noodzakelijk dat het Nederlandse onkruid-/herbicidenonderzoek zich mede hierop richt. De ervaringen op de OBS te Nagele en in Borgerswold lijken perspectiefvol, doch hebben tevens geleerd dat veel problemen nog moeten worden opgelost voor een algemene toepassing in de praktijk realiseerbaar is.

De huidige onderzoekscapaciteit op het CABO wordt vooral ingezet ten behoeve de verbetering van de effectiviteit van de herbicidenwerking (Fig. 1;I en II) en de onkruid/gewasinteracties (Fig. 1;IV). Het tussenliggende gebied, de invloed van herbiciden op de groei en ontwikkeling van het onkruid (Fig. 1;III) krijgt momenteel te weinig aandacht.

Het betreft hier onderzoek naar dosis/effectrelaties, waarbij met name lage doseringen bij verschillende onkruidsoorten, ontwikkelingsstadia en uitwendige omstandigheden moeten worden bestudeerd. Hierbij staat niet de doding van het onkruid voorop doch het in voldoende mate reduceren van de vitaliteit van het onkruid (concurrentiekracht en generatieve en vegetatieve vermeerdering). Hierbij kan blijken dat voor generalisatie van de verkregen resultaten en inzichten en voor toepassing in de praktijk meer kennis nodig is over de werking van de herbiciden (opname-kinetiek; locatied.). Zowel wetenschappelijk als praktisch gezien zijn dit veelbelovende onderwerpen. Bovendien vindt op deze manier een verdere integratie van het onkruidkundig onderzoek plaats.

3. BIOLOGISCHE ONKRUIDBEHEERSING

3.1. INLEIDING

De onkruidbestrijding wordt in de gangbare Nederlandse land- en tuinbouw voornamelijk gerealiseerd met herbiciden. Het aandeel dat herbiciden bij het totale gewasbeschermingsmiddelengebruik in de land- en tuinbouw voor hun rekening nemen, bedraagt bijna 30 % (mondiaal bedraagt dit percentage zelfs omstreeks 50).

Evenals tegen de overige pesticiden bestaan er tegen de herbiciden een aantal humaan toxicologische, ecotoxicologische, milieuhygiënische en agrarische bezwaren. Bij de verontreiniging van het grond- en drinkwater, die momenteel vooral ter discussie staat, nemen de herbiciden het leeuwendeel voor hun rekening. Bij de 40 toegelaten gewasbeschermingsmiddelen, die een potentiële bedreiging voor grond- en drinkwater zijn, zouden 35 herbiciden zijn.

Het is daarom een beleidsprioriteit het herbicidengebruik terug te dringen. Biologische beheersing als onderdeel van een geïntegreerde gewasbescherming/teeltechniek vormt hiertoe één van de mogelijke oplossingen.

3.2. METHODEN VAN BIOLOGISCHE ONKRUIDBEHEERSING

Biologische onkruidbeheersing is het bewust aanwenden van levende organismen om de populatie van schadelijke planten te verminderen, danwel hun groeikracht te reduceren.

Hiervoor kan een breed scala van organismen worden gebruikt: planten, virussen, vogels, schimmels, vissen, warmbloedige dieren en dergelijke. Oorspronkelijk werd de techniek vooral toegepast tegen geïntroduceerde plantesoorten, die zich door afwezigheid van natuurlijke vijanden sterk

konden ontwikkelen. Een of meerdere van deze natuurlijke vijanden werden éénmalig geïntroduceerd, waarna de populatie op eigen kracht in stand gehouden werd ("klassieke biologische bestrijding"). De laatste jaren is tevens de zogenaamde inundatieve biologische bestrijding naar voren gekomen, waarbij het betreffende organisme, buiten de groeiplaats van het onkruid, wordt vermeerderd en op een geschikt tijdstip in hoge dichtheid in het betreffende perceel/object wordt uitgezet; deze ingreep moet periodiek (meestal jaarlijks) worden herhaald, doch het effect treedt veel sneller op dan bij de klassieke biologische bestrijding. Bij deze techniek worden meestal inheemse pathogenen gebruikt. Op deze wijze toegediende pathogenen worden biologische bestrijdingsmiddelen genoemd.

3.3. ONDERZOEK OP HET CABO

Biologische onkruidbestrijding wordt, wat Nederland betreft, vrijwel uitsluitend op het CABO bestudeerd. De afgelopen jaren is met drie typen organismen gewerkt:

- a) de graskarper (*Ctenopharyngodon idella* Val);
- b) planten;
- c) (inheemse) schimmels.

ad a) Graskarper

Het graskarper-project, dat in de loop van 1988 werd afgesloten, heeft een in de praktijk toepasbare, goedkope methode voor het onderhoud van diepere watergangen opgeleverd.

ad b) Planten

Het gebruik van hogere planten voor het onderdrukken van ongewenste plantegroei is vooral bestudeerd in bosplantsoen; vooral *Trifolium repens* (witte klaver) bleek hierbij goede perspectieven te bieden. De erdoor, met name in

droge perioden, bewerkstelligde groeiremming van het bosplantsoen, gaf zelden onoverkomenlijke problemen.

De laatste tijd komt er ook uit de land- en tuinbouw belangstelling voor deze methode. Het probleem is de gewasgroeiremmende werking van de ondervrucht te voorkomen of te laten compenseren door voordelen

(onkruidonderdrukking, het reduceren van nutriëntenuitspoeling, wind- en watererosie en inspoeling van herbiciden, de levering van organische stof, de symbiotische stikstofbinding, de reductie van insekten schade en dergelijke).

In samenwerking met het IPO wordt gewerkt aan de reductie van insekten schade door de aanwezigheid van een "ondervrucht" (geringe hoeveelheden onkruid).

ad c (*Inheemse*) *Schimmels*.

De afgelopen 10 jaar is door het CABO (Scheepens, en anderen) vooral gewerkt met inheemse pathogene schimmels. Alleen ter bestrijding van *Cyperus esculentus* is korte tijd en onder strikte quarantaine omstandigheden gewerkt met de uit de V.S. afkomstige roestschimmel *Puccinia canaliculata*. Toen de selectiviteit van deze schimmel ten aanzien van een inheemse wilde cypergras te wensen overliet, is dit project gestopt.

Wat de tot nog toe opgedane ervaringen met en de perspectieven van het gebruik van inheemse schimmels betreft, zie Bijlage II.

Voor de periode 1988-1991 zijn de volgende afspraken ten aanzien van het CABO-onderzoek gemaakt (Hoogerkamp, 1988)¹⁾:

- Graskarperonderzoek wordt beëindigd. Expertise wordt zoveel mogelijk op peil gehouden en overdracht van de onderzoeksresultaten naar de praktijk zal ondersteund worden.

1) Hoogerkamp, M. (1988). Onkruidkundig onderzoek op het CABO in de periode 1988 - 1991. CABO-verslag 89.

- Onderzoek aan bodembedekken en planten wordt wat betreft het openbaar groen niet voortgezet; de verkregen resultaten zijn gepubliceerd en vormen een voldoende basis voor relevante praktijktoepassing.
- Onderzoek aan het potentiële gebruik van inheemse schimmels wordt voortgezet.

Wat betreft de gebruiksmogelijkheden van hogere planten voor de onkruidonderdrukking in akker- en tuinbouwgewassen casu quo de vermindering van de inspoeling van herbiciden is het aspect van de concurrentiepositie van een niet/traag groeiende onkruidvegetatie/ondervrucht opgenomen in het experimentele en modelmatige onderzoek dat uitgevoerd wordt door Lotz/Kropff.

3.4. ORGANISATORISCHE ASPECTEN

De vaste personele bezetting voor het onderzoek naar onkruidbeheersing met pathogene schimmels, bedraagt 1 wp'er en 1 middelbare kracht.

Deze bezetting wordt regelmatig versterkt door extern gefinancierde medewerkers en door stagiaires en doctoraalstudenten.

Deze bezetting is gezien de breedte van het onderwerp en de tot nog toe afwachtende houding van industrie en op toepassing gerichte onderzoeksinstellingen gering. Op deze manier kan alleen het noodzakelijke basisonderzoek worden uitgevoerd en kunnen slechts enkele pathogenen op hun toepasbaarheid worden onderzocht. Dit laatste betekent tevens dat de kans op het vinden en ontwikkelen van een biologisch bestrijdingsmiddel beperkt is.

De beperkte CABO-bezetting, de gespecialiseerdheid van het werk en de relatief geringe belangstelling voor dit type onderzoek in Europa, maakt dat uitwisseling van ervaringen slechts in zeer beperkte mate kan plaatsvinden.

In het kader van de EWRS (European Weed Research Society) functioneert momenteel een werkgroep die de contacten tussen de weinige Europese onderzoekers die aan dit onderwerp werken wil versterken (zie ook Bijlage III). In de V.S. werken meer onderzoekers aan dit onderwerp; gezien de afstand zijn de contacten hiermee echter veel minder intensief.

3.5. KARAKTERISTIEKEN VAN HET ONDERZOEK

Wat zijn de karakteristieken van dit onderzoek?

- a) *Het is risicodragend.* Het is nog niet goed voorspelbaar of onderzoeksresultaten altijd technisch haalbare praktijktoepassingen opleveren.

In de V.S., waar men eerder met dit onderzoek gestart is en waar het onderzoekspotentieel aanzienlijk groter is dan in Europa, zijn momenteel zeker 6 myco-herbiciden op de markt dan wel zullen hier binnenkort worden toegelaten; Riggleman (Future priorities in Weed Science; Weed Technology, vol 1: 101-106; 1987) verwacht dat van de 200 onkruiden in de V.S. er rond het jaar 2000 30 biologisch bestreden kunnen worden.

- b) *Medewerking van de (bestrijdingsmiddelen)industrie is vereist om tot praktijktoepassingen te komen.*

De biologische bestrijdingsmiddelen dienen door bedrijven geproduceerd en geformuleerd te worden. Het bedrijfsleven neemt in deze een afwachtende houding aan doch volgt de resultaten van het onderzoek op de voet. Het is nog niet goed voorspelbaar hoe de biologische onkruidbestrijding zich zal ontwikkelen (zie ook a), zolang de (potentiële) bijdrage van fabrikanten niet vaststaat. Met andere woorden het is onzeker hoeveel het overheidsonderzoek nog moet doen voor de bal gaat rollen.

Het onderzoek aan biologische herbiciden, insecticiden en fungiciden werken in dit opzicht elkaar versterkend.

- c) *De mogelijk te verkrijgen biologische onkruidbestrijdingsmiddelen hebben in milieuhygienisch, ecotoxisch en humaan toxicologisch opzicht grote voordelen boven de herbiciden. De doelbewust nagestreefde grote selectiviteit maakt echter dat het toepassingsgebied (en dus het marktsegment) relatief beperkt is. Zowel a) als b) maken dat de industrie momenteel geïnteresseerd doch afwachtend is. De produktiekosten zijn, mits het voorbereidende onderzoek is gedaan, echter relatief laag.*
- d) *Politiek/maatschappelijk gezien bestaat er veel belangstelling voor het betreffende onderzoek, zodra echter produkten gereed zijn voor praktijkbeproevingen casu quo -toepassing wordt veelal een afwachtende houding aangenomen. De discussie over het gebruik van (gemanipuleerde) organismen zal in de toekomst geïntensiveerd worden en de resultaten hiervan zullen bij het toelatingsbeleid ongetwijfeld een rol van betekenis spelen.*
- e) *Indien, zoals te verwachten is, het kwantitatieve herbicidegebruik en het aantal herbiciden sterk gereduceerd wordt en de kostprijs van de herbiciden toeneemt, kan de toepasbaarheid van bioherbiciden in een geheel ander perspectief komen te staan. Onkruidbeheersing vormt, zowel in de intensievere als de extensievere vormen van land- en tuinbouw, een absoluut noodzakelijk aspect van de teelt en het aantal veel belovende alternatieven voor de chemische onkruidbestrijding is zeer beperkt (vooral de mechanische bestrijding tussen de rijen).*

- f) *Het gebruik van bioherbiciden past vooral in systemen van geïntegreerde gewasbescherming waarbij de onkruidbeheersing wordt gerealiseerd door een aantal elkaar ondersteunende preventieve en curatieve maatregelen en waarbij bij de overige vormen van plaagbestrijding (met name de toepassing van fungiciden) rekening met de toepassing van bioherbiciden wordt gehouden.*
- g) *De toepassing van inheemse schimmels resulteert alleen in extreme gevallen tot een volledige doding van het onkruid; in de meeste gevallen zal het onkruid echter alleen verzwakt worden. De concurrentiebalans tussen onkruid en gewas verschuift daardoor ten gunste van het gewas. Het onderzoek betreffende de mate waarin en het tijdstip waarop dit dient plaats te vinden, dient geïntegreerd te worden met het geas/onkruid-interactie onderzoek van het CABO/TPE.*
- h) *Er mede van uitgaande dat de personele bezetting op het CABO niet vergroot kan worden, dient de samenwerking met andere instellingen, waar onderzoek wordt gedaan aan aspecten die ook voor de biologische onkruidbestrijding van belang zijn, versterkt te worden. Hier wordt met name gedacht aan het IPO en de vakgroep Fythopathologie van de LUW. Overleg op directieniveau is hiertoe noodzakelijk.*
- i) *De basiskennis op het CABO en de belangstelling van industrie en overheid zijn momenteel zodanig, dat buiten de momenteel geïnteresseerden (VROM en L & V) anderen voor medefinanciering in aanmerking komen.*

Recentelijk is hiertoe oriënterend overleg gestart met enkele bestrijdingsmiddelen firma's. Bovendien wordt een subsidie-aanvraag bij de EG

voorbereid; een samenwerkingsverband tussen Nederland (CABO), de UK, Italië en Joegoslavië behoort hierbij tot de vele mogelijkheden. Activering van deze externe fondswerving lijkt perspectiefvol.

3.6. KRITERIA VOOR KEUZE VAN ONKRUIDSOORTEN DIE BIOLOGISCH BESTREDEN KUNNEN WORDEN

Bij de keuze van onkruidsoorten waarvoor getracht wordt een myco-herbicide te vinden spelen allerlei factoren een rol:

- a) Geschiktheid als toetsplant voor het meer fundamentele onderzoek; zowel de onkruidsoort als zodanig als de aanwezigheid van een inheems pathogeen spelen hierbij een rol. *Prunus serotina*, waaraan in het verleden veel is gewerkt, voldeed goed aan deze eisen (en leverde bovendien in de praktijk veel problemen op).
- b) Onkruidsoorten die in de gangbare land- en tuinbouw en in belangrijkste gewassen, ernstige problemen opleveren en die niet of moeilijk bestreden kunnen worden. Het betreft hier onkruidsoorten waarvoor geen acceptabele herbiciden dan wel andere bestrijdingsmethoden beschikbaar zijn.
- c) Onkruiden die resistent zijn dan wel dreigen te worden tegen de momenteel toegepaste herbiciden.
- d) Onkruiden in landbouwsystemen waar geen herbiciden mogen worden toegepast en waar andere vormen van bestrijding niet afdoende zijn. Te denken valt hierbij aan het duidelijk toenemende areaal beheersgrasland en aan de BD- en Ekolandbouw.
- e) Onkruidsoorten die ook in andere landen zoveel problemen geven dat het voor de bestrijdingsmiddelenindustrie economisch aantrekkelijk is een myco-herbicide op de markt te brengen.

Overwegingen b), c) en d) hebben geleid tot de keuze van de in bijlage IV (Tabel 1) genoemde onkruidsoorten.

Het probleem hierbij is dat dit een momentopname is. Te verwachten is dat de voorgenomen kwantitatieve en kwalitatieve reductie van het herbicidengebruik er in zal resulteren dat meer onkruidsoorten niet of moeilijk te bestrijden zijn. Welke dit zullen zijn hangt vooral af van de resterende herbiciden.

4. SAMENVATTING

De onkruidbestrijding in de gangbare Nederlandse land- en tuinbouw is de laatste decennia sterk eenzijdig chemisch geworden. Hierbij wordt gestreefd naar een zo sterk mogelijke reductie van de onkruidbezetting (uitroeiing is het ideaal beeld) en worden doseringen gebruikt die hoger zijn dan normaliter voor het bereiken van het gewenste doel nodig zijn.

Gezien de vele nadelen die aan deze drie benaderingen zijn verbonden, wordt er, in het kader van het gewasbeschermingsbeleid van de overheid, voor de komende jaren, naar gestreefd:

- de agrarische sector minder afhankelijk te maken van chemische bestrijdingsmiddelen;
- het volumegebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen sterk te reduceren (streven voor het komende decenium: 50 %);
- de criteria waaraan toegelaten en toe te laten middelen moeten voldoen, aan te scherpen en daarbij aan te passen bij de actuele teeltkundige, milieutechnische en ecologische kennis.

De herbiciden nemen hierbij een belangrijke plaats in, omdat:

- de herbiciden een substantieel aandeel in het bestrijdingsmiddelenpakket vormen (ca. 4000 ton actieve stof/jaar);
- vooral bij de herbiciden en een groot aantal zodanig ongewenste eigenschappen hebben dat een voortzetting van de toelating discutabel is.

Een extra complicatie is bovendien dat een geïntegreerde benadering bij de onkruidbestrijding vele problemen van de praktijk met zich meebrengt, herbiciden komen intensief met de grond in contact.

Het CABO-onkruidonderzoeksprogramma, dat tot stand is gekomen in overleg met andere relevante DLO-instituten, proefstations en LU-Vakgroepen, richt zich op de volgende aspecten:

- Systeemonderzoek ten behoeve van geïntegreerde bestrijding.

Dit onderzoek omvat het opstellen van simulatiemodellen betreffende de onkruid/gewas-concurrentie en de populatiedynamiek van onkruiden en de invloed hierop van factoren die het onkruid verzwakken:

- . lage doseringen herbiciden;
- . onkruidpathogenen.

- Minimalisering van het herbicidengebruik; in het bijzonder optimalisatie van de werking van herbiciden in planten. Hier wordt momenteel met name aandacht besteed aan de opname van herbiciden door de plant, de invloed van hulpstoffen hierop en de ontwikkeling van resistentie in onkruidpopulaties.

- Biologische onkruidbeheersing.

Het opsporen, identificeren, kweken en het bepalen van de virulentie en selectiviteit bij schimmels die kunnen worden ingezet voor de doding dan wel verzwakking van het onkruid (zie systeemonderzoek).

BIJLAGE I. HET HERBICIDENGEBRUIK

Mondiaal gezien vormen herbiciden de meest toegepaste gewasbeschermingsmiddelen; naar schatting 60 à 70 % van de hoeveelheid actieve stof. In Nederland ligt dit aandeel lager, vooral omdat hier veel bodemontsmettingsmiddelen worden toegepast (Tabel 1).

Tabel 1. Het huidige pesticidengebruik in Nederland (tonnen actieve stof per jaar) in land- en tuinbouw.

Herbiciden	4000
Insecticiden + acariciden	600
Fungiciden	4000
Nematiciden/grondontsm.	10-12000
Rest	1000
<hr/>	
Totaal	21.600

Buiten de land- en tuinbouw wordt bovendien ongeveer 25.000 ton actieve stof per jaar aan goedgekeurde bestrijdingsmiddelen gebruikt (vooral houtconserveringsmiddelen, desinfectancia).

De eveneens buiten de land- en tuinbouw gebruikte herbiciden, fungiciden en insecticiden (stedelijke gebieden, watergangen ed.) zijn bij het landbouwkundig gebruik gerekend.

In de stedelijke gebieden wordt ongeveer 150 ton a.s. aan herbiciden gebruikt (schatting 1989). In 1985 werden in watergangen circa 12,4 ton herbiciden (actieve stof) gebruikt (Loory, 1989)¹⁾. Voor de

1) Loory, T.P. (1989). Initiatieven voor een natuur- en milieu-vriendelijker onderhoud. Waterschapsbelangen no. 6 (1989).

onkruidbeheersing op erven ed. wordt jaarlijks circa 27 ton a.s. gebruikt (Tweede concept MJPG akkerbouw PD 1989).

De akkerbouw is de grootste gebruiker van herbiciden (tabel 2).

Tabel 2. Schatting jaarlijks gebruik van herbiciden (actieve stof) in procenten van totaal gebruik in akkerbouw.

	%	
aardappelen	11,8	
(voor loofdoding aardappelen)		421 ton a.s.
bieten	29,0	
maïs	18,1	
tarwe	13,1	
uien	7,7	
erwten/veldbonen	8,8	
gerst	6,3	
rest	5,0	
totaal	<hr/>	
	100,0 %	(= 1359 ton a.s.)

In het grasland worden, eveneens naar schatting, gemiddeld ruim 0,5 kg a.s. ha aan herbiciden gebruikt.

BIJLAGE II BIOLOGISCHE ONKRUIDBESTRIJDINGSMIDDELEN

1 INLEIDING

De biologische bestrijding van onkruiden met inheemse ziekteverwekkers (pathogenen) berust op het kunstmatig verhogen van het van nature lage aantastingsniveau. Het betreffende pathogeen (meestal een schimmel) wordt kunstmatig vermeerderd en op een geschikt tijdstip massaal op de planten van het te bestrijden onkruid aangebracht. Analooq aan chemische bestrijdingsmiddelen spreekt men van biologische onkruidbestrijdingsmiddelen of bioherbiciden.

Elders in de wereld worden 2 biologische onkruidbestrijdingsmiddelen in de praktijk toegepast; op korte termijn is wettelijke toelating van 5 à 6 nieuwe produkten te verwachten. Biologische onkruidbestrijdingsmiddelen zullen door bedrijven ontwikkeld worden, als er voldoende economisch perspectief is. Het perspectief zal per bestrijdingsmiddel apart worden bekeken, maar de verwachting om in de toekomst meer biologische bestrijdingsmiddelen op de markt te kunnen brengen zal een belangrijke rol spelen bij de motivatie van fabrikanten. De taak van de overheid bestaat uit het scheppen van algemene randvoorwaarden voor bedrijven en het stimuleren van aanvullend onderzoek bij onderzoeksinstellingen.

Biologische onkruidbestrijdingsmiddelen zijn selectief. Als regel zal een pathogeen slechts tegen één onkruidsoort werkzaam zijn. Die selectiviteit wordt vaak als nadeel gezien, omdat onkruidproblemen vaak door individuen van meerdere soorten worden veroorzaakt. Zulke problemen zullen dus door combinatie van meerdere biologische bestrijdingsmiddelen en/of combinatie van biologische bestrijding met andere methoden moeten worden opgelost. In de huidige schema's van chemische onkruidbestrijding vallen gaten doordat

onkruidsoorten tolerant zijn en plantepopulaties resistent worden tegen vaak toegepaste herbiciden. Door (toekomstige) verboden op de toepassing van bepaalde middelen zullen nieuwe gaten ontstaan. In een aantal teelten, waarvan maïs op dit moment de belangrijkste is, bestaat er behoefte aan nieuwe bestrijdingsmiddelen en/of methoden. Te ontwikkelen bioherbiciden bieden door hun selectiviteit een mogelijke oplossing of deeloplossing.

In Nederland wordt sinds 1978 door een onderzoeker op het CABO gewerkt aan biologische onkruidbestrijdingsmiddelen. Aan de hand van werkwijze, resultaten en conclusies van tot nu toe verricht CABO-onderzoek zal een perspectief voor biologische onkruidbestrijdingsmiddelen worden geschetst.

2 WERKWIJZE

Bij de ontwikkeling van een biologisch onkruidbestrijdingsmiddel wordt een aantal fasen onderscheiden. De fasering ziet er globaal als volgt uit:

- 1) Selectie van het doelonkruid. De belangrijkste criteria zijn de economische schade ten gevolge van een onkruidsoort, het niet beschikbaar zijn van een goede bestrijdingsmethode of het om milieukundige redenen ongewenst zijn van de huidige bestrijdingswijze.
- 2) Isolatie en identificatie van pathogenen. Aangezien beschikbare informatie over het voorkomen van pathogenen op onkruiden, hun virulentie en waardplantspecificiteit meestal erg summier is, is de gangbare werkwijze om zoveel mogelijk pathogenen van het doelonkruid te isoleren en te identificeren.
- 3) Selectie van pathogenen. Niet alle pathogenen zijn geschikt om als bestrijdingsmiddel te worden ontwikkeld. Uit de beschikbare pathogenen wordt in eerste instantie geselecteerd door toetsing van waardplant specificiteit en virulentie (mate waarin planten worden aangetast). Toetsing van virulentie gebeurt onder omstandigheden die zowel voor de

groei van onkruidplanten als voor infectie door het pathogeen optimaal zijn. Ook de verwachting om een pathogeen op eenvoudige en goedkope wijze te kunnen vermeerderen speelt een rol bij de selectie.

- 4) De bepaling van werking en nevenwerking van pathogenen onder praktijkomstandigheden.

- 4.1 Aangeven wanneer en in welke mate de onkruidpopulatie gereduceerd moet worden om het beheersdoel (b.v. vermijden van produktie- en kwaliteits verliezen van een cultuurgewas) te bereiken.

- 4.2 Bepaling van werkzaamheid van pathogenen onder praktijkomstandigheden; vaststelling welke factoren de werking onder natuurlijke omstandigheden beperken; bestaat er risico voor niet-doelplanten.

- 4.3 Vergroting van de effectiviteit van een pathogeen als bestrijdingsmiddel, zodat de beheersdoelstelling wordt bereikt.

- 5) Ontwikkeling van pathogeen tot en toelating als bestrijdingsmiddel.
- 6) Inpassen bestrijdingsmiddel in teelt- en/of beheerssysteem.

3 SAMENVATTING VAN VOORGAAND CABO-ONDERZOEK

In de afgelopen jaren is gewerkt aan biologische bestrijding van Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*), duist (*Alopecurus myosuroides*), hanepoot (*Echinochloa crus-galli*), melganzevoet (*Chenopodium album*) en knolcyperus (*Cyperus esculentus*). Voor 1988 kon een extra onderzoeker worden aangesteld om te werken aan akkerdistel (*Cirsium arvensis*).

Identificatie en selectie van pathogenen berustte in drie gevallen (*Puccinia canaliculata* van knolcyperus, *P. punctiformis* van akkerdistel en *Chondrostereum purpureum* van Amerikaanse vogelkers) op relevante voorkennis (literatuur en/of persoonlijke mededelingen); in de overige gevallen berustte zij op empirisch onderzoek. In de laatste gevallen was literatuur-onderzoek soms van nut voor de identificatie van pathogenen.

Van de zes onkruiden werden 15 pathogenen geïdentificeerd. Met 11 daarvan zijn kas- en/of veldexperimenten uitgevoerd. Met uitzondering van *P. canaliculata* waren alle pathogenen uit Nederland afkomstig. Zes van de 11 onderzochte pathogenen zijn tijdens fase 3 ongeschikt bevonden voor verdere ontwikkeling. De overige staan vermeld in tabel 1.

Tabel 1. Onkruidpathogenen waaraan op het CABO onderzoek wordt verricht.

Onkruid	Pathogenen		
	Aantal		
	geïdentificeerd	In onderzoek	Fase
Duist	1	Geen	
Knolcyperus	2	Geen	
Akkerdistel	1	Puccinia punctiformis	3
Hanepoot	5	Drechslera sp.	3
		Cochliobolus lunatus	4.3
Melganzevoet	3	Ascochyta caulina	4.3
Amerikaanse vogelkers	3	Chondrostereum purpureum	5

P. punctiformis is soortspecifiek. Op distelplanten kunnen zowel locale als systemische infecties optreden. Locale infecties hebben nauwelijks invloed op de groei van distelplanten. Systemisch geïnfecteerde planten komen meestal niet tot bloei en scheuten sterven vroegtijdig af. De systemische reactie komt tot stand na infectie van de wortels (of jonge worteluitlopers) door teleutosporen/basidiosporen. Onderzocht wordt of het aantal

systemisch geïnfecteerde scheuten door inoculatie met teleutosporen kan worden vergroot en hoe op grote schaal teleutosporen geproduceerd kunnen worden. Voortzetting van het project na 1988 is afhankelijk van externe financiering.

Sporen van *Drechslera* sp. kiemen in aanwezigheid van dauw reeds 2 uur na inoculatie van hanepoot. Bladnecrose begint 2 dagen na inoculatie en leidt bij voldoende dosering tot sterfte van de plant. De schimmel kan ook maïs aantasten. Aangezien hanepoot vooral in maïs een belangrijk onkruid is, is toepassing van *Drechslera* sp. als bestrijdingsmiddel niet erg waarschijnlijk. De schimmel wordt gebruikt om na te gaan of door toevoeging van bepaalde stoffen aan sporensuspensies de weersafhankelijk m.b.t. de factor vocht kan worden verminderd. De resultaten van dit onderzoek zullen ook in andere situaties toepasbaar zijn, waar infectie door een schimmel door vochttekorten kan worden beperkt.

Ascochyta caulina is een pathogeen van *Chenopodium*- en *Atriplex*soorten; de cultuurgewassen spinazie en biet uit dezelfde familie zijn onvatbaar. Hij tast zowel bladeren als stengels aan. Planten van *C. album* kunnen tot ca het 8-bladstadium bestreden worden. Afhankelijk van de temperatuur is na inoculatie een incubatieperiode van 10-15 u bij hoge luchtvochtigheid nodig voor infectie. Bij veldproeven in maïs (steeds in de tweede helft van mei) werd vrijwel nooit aan deze voorwaarde voldaan. Voor verdere ontwikkeling van deze schimmel als bestrijdingsmiddel zal zijn werkzaamheid onder ongunstige weersomstandigheden verbeterd dienen te worden.

De onderzochte stammen van *Cochliobolus lunatus* (imperfect stadium *Curvularia lunata*) varieerden in virulentie op hanepoot; andere grasachtigen waren onvatbaar. Ook de meest virulente stam gaf echter onvol-

doende resultaat onder gunstige groeivoorwaarden van hanepoot. Toevoeging van subletale doseringen van het herbicide atrazin leidde in kasexperimenten, maar niet in het veld, tot het beoogde resultaat. Binnenkort mag atrazin niet meer gebruikt worden, zodat de combinatie van de schimmel met dit herbicide in de praktijk nooit gerealiseerd kan worden. De resultaten van dit onderzoek (en soortgelijk onderzoek elders) geeft wel aan, dat de werkzaamheid van (bepaalde) pathogenen door (bepaalde) herbiciden kan worden verbeterd.

C. purpureum is zeer effectief als bestrijdingsmiddel tegen Amerikaanse vogelkers. Gemiddeld trad 90 % sterfte op na behandeling van stobben met mycelium van dit wondpathogeen. De beheersdoelstelling (schoon bosperceel op het moment van herinplanten) kan worden gehaald. Het risico voor niet-doelplanten (fruitbomen en inheemse Prunussoorten) is onderzocht en wordt voor de meeste situaties aanvaardbaar geacht (uitspraak PD). De haalbaarheid van praktijktoepassing als bestrijdingsmiddel wordt door een particulier bedrijf (Koppert) onderzocht.

Pathogenen die zich buiten het groeiseizoen slecht in het milieu kunnen handhaven, of die zich tijdens het groeiseizoen slechts langzaam verspreiden, kunnen effectief worden gemaakt door ze massaal op individuen van een te bestrijden plantesoort aan te brengen. Bij de huidige onderzoekscapaciteit en de tot nu toe gevolgde werkwijze kan worden verwacht dat iedere 8-10 jaar een geschikt pathogeen wordt ontdekt en als bestrijdingsmiddel in de praktijk kan worden toegepast. Tijdens het onderzoek vallen veel pathogenen af omdat hun werking onder praktijkomstandigheden gemiddeld te gering is. Oorzaken hiervoor kunnen zijn een te geringe virulentie of ongunstige weersomstandigheden kort na toediening. In het onderzoek worden langzaam vorderingen gemaakt om ook

zulke pathogenen als bestrijdingsmiddel toepasbaar te maken. Enkele mogelijkheden hiertoe zijn:

- selectie van virulentere stammen of stammen die een kortere dauwperiode nodig hebben voor infectie;
- toediening in combinatie met een andere stressfactor, b.v. een lage dosering van een herbicide, om de plant te verzwakken;
- het scheppen van een gunstig microklimaat kort na inoculatie door irrigatie of formulering van het pathogeen. Recent onderzoek heeft aangetoond dat toevoeging van olie aan sporensuspensies perspectief biedt.

Bij sommige particuliere bedrijven bestaat reeds betrekkelijk veel kennis over het drogen van microorganismen om hun houdbaarheid te vergroten. Ook over formulering om een goede verdeling van een bestrijdingsmiddel (chemische stof of levend organisme) op de plant te verkrijgen is reeds veel bekend. Om tot formulering te komen die de werkzaamheid van een levend organisme verbetert is vernieuwend onderzoek nodig.

4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Er bestaat een duidelijke behoefte aan nieuwe, selectieve en het milieu niet belastende onkruidbestrijdingsmiddelen. Zij kunnen in combinatie met andere (nieuwe of bestaande) middelen en methoden leiden tot oplossingen voor actuele en toekomstige onkruidproblemen.

Biologische bestrijdingsmiddelen kunnen aan de gestelde criteria voldoen. Het tot nu toe verrichte onderzoek biedt een goede basis voor hun ontwikkeling. De huidige onderzoekscapaciteit is echter te gering om aan de vraag naar nieuwe, selectieve bestrijdingsmiddelen te kunnen voldoen. In principe zou het bedrijfsleven hierop kunnen inspelen, maar in de praktijk reageren bedrijven nog afwachtend. Mede gelet op de maatschappelijke relevantie van milieuvriendelijke bestrijdingsmiddelen en -methoden zal de

overheid verder het voortouw moeten nemen. En gelet op de urgentie waarmee de praktijk om oplossingen vraagt, zal de onderzoeksinspanning vergroot dienen te worden.

Het onderzoeksterrein omvat aspecten van de onkruidkunde (Ok), de fytopathologie (Fyto) en de biotechnologie (Biotech). De inbreng vanuit alle basisdisciplines zou structureel vergroot moeten worden. In tabel 2 wordt de gewenste onderzoekscapaciteit aangegeven. Er is van uitgegaan, dat gelijktijdig aan meerdere projecten wordt gewerkt die zich in verschillende fasen bevinden.

Tabel 2. Voorstel tot uitbreiding en verdeling van de onderzoekscapaciteit aan biologische onkruidbestrijdingsmiddelen.

Onderzoeksfase	Discipline	Capaciteit	
		WP	MP

Selectie doelonkruiden	Ok	0,2	
Zoeken, identificeren			
en selecteren pathogenen	Fyto	0,25	1
Vaststellen bestrijdingsnorm	Ok	0,5	0,5
Werkzaamheid pathogenen +			
verbetering werkzaamheid	Fyto, Biotech	1,5	1,5
Massaproductie, toelating	bedrijfsleven	-	-
Inpassing in teeltsysteem	Ok	0,5	0,5

De inbreng vanuit het onkruidkundig onderzoek kan worden vergroot door integratie met bestaand en voorgenomen onderzoek op het CABO. Identificatie van doelonkruiden, het vaststellen van schaderelaties tussen doelonkruiden en gewassen en integratie van biologische bestrijding in teelt- en bedrijfssystemen hebben reeds hoge prioriteit. De huidige onderzoeksprioriteiten liggen vooral bij onkruiden in grasland, in maïs en suikerbiet. Indien de biologische bestrijding vooral op deze teelten gericht wordt, kunnen de onkruidkundige aspecten van biologische bestrijding tot het takenpakket van andere onderzoekers behoren.

Om de kennis en het inzicht in de interacties tussen onkruiden en ziekteverwekkers te vergroten is versterkte inbreng vanuit een fytopathologisch instituut (IPO) dringend gewenst. De huidige CABO-onderzoeker kan zich dan meer richten op mogelijkheden om de werkzaamheid van pathogenen onder veldomstandigheden te vergroten. In een dergelijke structuur zal het gemakkelijker zijn om externe gelden aan te trekken voor tijdelijke projecten, en zullen gemakkelijker structurele relaties met het bedrijfsleven tot stand komen.

P.C. Scheepens

Wageningen, juli 1988

BIJLAGE I. HET HERBICIDENGEBRUIK

Mondiaal gezien vormen herbiciden de meest toegepaste gewasbeschermingsmiddelen; naar schatting 60 à 70 % van de hoeveelheid actieve stof. In Nederland ligt dit aandeel lager, vooral omdat hier veel bodemontsmettingsmiddelen worden toegepast (Tabel 1).

Tabel 1. Het huidige pesticidengebruik in Nederland (tonnen actieve stof per jaar) in land- en tuinbouw.

Herbiciden	4000
Insecticiden + acariciden	600
Fungiciden	4000
Nematiciden/grondontsm.	10-12000
Rest	1000
<hr/>	
Totaal	21.600

Buiten de land- en tuinbouw wordt bovendien ongeveer 25.000 ton actieve stof per jaar aan goedgekeurde bestrijdingsmiddelen gebruikt (vooral houtconserveringsmiddelen, desinfectancia).

De eveneens buiten de land- en tuinbouw gebruikte herbiciden, fungiciden en insecticiden (stedelijke gebieden, watergangen ed.) zijn bij het landbouwkundig gebruik gerekend.

In de stedelijke gebieden wordt ongeveer 150 ton a.s. aan herbiciden gebruikt (schatting 1989). In 1985 werden in watergangen circa 12,4 ton herbiciden (actieve stof) gebruikt (Loory, 1989)¹⁾. Voor de

1) Loory, T.P. (1989). Initiatieven voor een natuur- en milieu-vriendelijker onderhoud. Waterschapsbelangen no. 6 (1989).

onkruidbeheersing op erven ed. wordt jaarlijks circa 27 ton a.s. gebruikt (Tweede concept MJPG akkerbouw PD 1989).

De akkerbouw is de grootste gebruiker van herbiciden (tabel 2).

Tabel 2. Schatting jaarlijks gebruik van herbiciden (actieve stof) in procenten van totaal gebruik in akkerbouw.

	%	
aardappelen	11,8	
(voor loofdoding aardappelen)		421 ton a.s.
bieten	29,0	
maïs	18,1	
tarwe	13,1	
uien	7,7	
erwten/veldbonen	8,8	
gerst	6,3	
rest	5,0	
totaal	<hr/>	
	100,0 %	(= 1359 ton a.s.)

In het grasland worden, eveneens naar schatting, gemiddeld ruim 0,5 kg a.s. ha aan herbiciden gebruikt.

BIJLAGE II BIOLOGISCHE ONKRUIDBESTRIJDINGSMIDDELEN

1 INLEIDING

De biologische bestrijding van onkruiden met inheemse ziekteverwekkers (pathogenen) berust op het kunstmatig verhogen van het van nature lage aantastingsniveau. Het betreffende pathogeen (meestal een schimmel) wordt kunstmatig vermeerderd en op een geschikt tijdstip massaal op de planten van het te bestrijden onkruid aangebracht. Analooq aan chemische bestrijdingsmiddelen spreekt men van biologische onkruidbestrijdingsmiddelen of bioherbiciden.

Elders in de wereld worden 2 biologische onkruidbestrijdingsmiddelen in de praktijk toegepast; op korte termijn is wettelijke toelating van 5 à 6 nieuwe produkten te verwachten. Biologische onkruidbestrijdingsmiddelen zullen door bedrijven ontwikkeld worden, als er voldoende economisch perspectief is. Het perspectief zal per bestrijdingsmiddel apart worden bekeken, maar de verwachting om in de toekomst meer biologische bestrijdingsmiddelen op de markt te kunnen brengen zal een belangrijke rol spelen bij de motivatie van fabrikanten. De taak van de overheid bestaat uit het scheppen van algemene randvoorwaarden voor bedrijven en het stimuleren van aanvullend onderzoek bij onderzoeksinstellingen.

Biologische onkruidbestrijdingsmiddelen zijn selectief. Als regel zal een pathogeen slechts tegen één onkruidsoort werkzaam zijn. Die selectiviteit wordt vaak als nadeel gezien, omdat onkruidproblemen vaak door individuen van meerdere soorten worden veroorzaakt. Zulke problemen zullen dus door combinatie van meerdere biologische bestrijdingsmiddelen en/of combinatie van biologische bestrijding met andere methoden moeten worden opgelost. In de huidige schema's van chemische onkruidbestrijding vallen gaten doordat

onkruidsoorten tolerant zijn en plantepopulaties resistent worden tegen vaak toegepaste herbiciden. Door (toekomstige) verboden op de toepassing van bepaalde middelen zullen nieuwe gaten ontstaan. In een aantal teelten, waarvan maïs op dit moment de belangrijkste is, bestaat er behoefte aan nieuwe bestrijdingsmiddelen en/of methoden. Te ontwikkelen bioherbiciden bieden door hun selectiviteit een mogelijke oplossing of deeloplossing.

In Nederland wordt sinds 1978 door een onderzoeker op het CABO gewerkt aan biologische onkruidbestrijdingsmiddelen. Aan de hand van werkwijze, resultaten en conclusies van tot nu toe verricht CABO-onderzoek zal een perspectief voor biologische onkruidbestrijdingsmiddelen worden geschetst.

2 WERKWIJZE

Bij de ontwikkeling van een biologisch onkruidbestrijdingsmiddel wordt een aantal fasen onderscheiden. De fasering ziet er globaal als volgt uit:

- 1) Selectie van het doelonkruid. De belangrijkste criteria zijn de economische schade ten gevolge van een onkruidsoort, het niet beschikbaar zijn van een goede bestrijdingsmethode of het om milieukundige redenen ongewenst zijn van de huidige bestrijdingswijze.
- 2) Isolatie en identificatie van pathogenen. Aangezien beschikbare informatie over het voorkomen van pathogenen op onkruiden, hun virulentie en waardplantspecificiteit meestal erg summier is, is de gangbare werkwijze om zoveel mogelijk pathogenen van het doelonkruid te isoleren en te identificeren.
- 3) Selectie van pathogenen. Niet alle pathogenen zijn geschikt om als bestrijdingsmiddel te worden ontwikkeld. Uit de beschikbare pathogenen wordt in eerste instantie geselecteerd door toetsing van waardplant specificiteit en virulentie (mate waarin planten worden aangetast). Toetsing van virulentie gebeurt onder omstandigheden die zowel voor de

groei van onkruidplanten als voor infectie door het pathogeen optimaal zijn. Ook de verwachting om een pathogeen op eenvoudige en goedkope wijze te kunnen vermeerderen speelt een rol bij de selectie.

- 4) De bepaling van werking en nevenwerking van pathogenen onder praktijkomstandigheden.

- 4.1 Aangeven wanneer en in welke mate de onkruidpopulatie gereduceerd moet worden om het beheersdoel (b.v. vermijden van produktie- en kwaliteits verliezen van een cultuurgewas) te bereiken.

- 4.2 Bepaling van werkzaamheid van pathogenen onder praktijkomstandigheden; vaststelling welke factoren de werking onder natuurlijke omstandigheden beperken; bestaat er risico voor niet-doelplanten.

- 4.3 Vergroting van de effectiviteit van een pathogeen als bestrijdingsmiddel, zodat de beheersdoelstelling wordt bereikt.

- 5) Ontwikkeling van pathogeen tot en toelating als bestrijdingsmiddel.
- 6) Inpassen bestrijdingsmiddel in teelt- en/of beheerssysteem.

3 SAMENVATTING VAN VOORGAAND CABO-ONDERZOEK

In de afgelopen jaren is gewerkt aan biologische bestrijding van Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*), duist (*Alopecurus myosuroides*), hanepoot (*Echinochloa crus-galli*), melganzevoet (*Chenopodium album*) en knolcyperus (*Cyperus esculentus*). Voor 1988 kon een extra onderzoeker worden aangesteld om te werken aan akkerdistel (*Cirsium arvensis*).

Identificatie en selectie van pathogenen berustte in drie gevallen (*Puccinia canaliculata* van knolcyperus, *P. punctiformis* van akkerdistel en *Chondrostereum purpureum* van Amerikaanse vogelkers) op relevante voorkennis (literatuur en/of persoonlijke mededelingen); in de overige gevallen berustte zij op empirisch onderzoek. In de laatste gevallen was literatuur-onderzoek soms van nut voor de identificatie van pathogenen.

Van de zes onkruiden werden 15 pathogenen geïdentificeerd. Met 11 daarvan zijn kas- en/of veldexperimenten uitgevoerd. Met uitzondering van *P. canaliculata* waren alle pathogenen uit Nederland afkomstig. Zes van de 11 onderzochte pathogenen zijn tijdens fase 3 ongeschikt bevonden voor verdere ontwikkeling. De overige staan vermeld in tabel 1.

Tabel 1. Onkruidpathogenen waaraan op het CABO onderzoek wordt verricht.

Onkruid	Pathogenen		
	Aantal		
	geïdentificeerd	In onderzoek	Fase
Duist	1	Geen	
Knolcyperus	2	Geen	
Akkerdistel	1	<i>Puccinia punctiformis</i>	3
Hanepoot	5	<i>Drechslera</i> sp.	3
		<i>Cochliobolus lunatus</i>	4,3
Melganzevoet	3	<i>Ascochyta caulina</i>	4,3
Amerikaanse vogelkers	3	<i>Chondrostereum purpureum</i>	5

P. punctiformis is soortspecifiek. Op distelplanten kunnen zowel locale als systemische infecties optreden. Locale infecties hebben nauwelijks invloed op de groei van distelplanten. Systemisch geïnfecteerde planten komen meestal niet tot bloei en scheuten sterven vroegtijdig af. De systemische reactie komt tot stand na infectie van de wortels (of jonge wortel-uitlopers) door teleutosporen/basidiosporen. Onderzocht wordt of het aantal

systemisch geïnfecteerde scheuten door inoculatie met teleutosporenkan worden vergroot en hoe op grote schaal teleutosporen geproduceerd kunnen worden. Voortzetting van het project na 1988 is afhankelijk van externe financiering.

Sporen van *Drechslera* sp. kiemen in aanwezigheid van dauw reeds 2 uur na inoculatie van hanepoot. Bladnecrose begint 2 dagen na inoculatie en leidt bij voldoende dosering tot sterfte van de plant. De schimmel kan ook maïs aantasten. Aangezien hanepoot vooral in maïs een belangrijk onkruid is, is toepassing van *Drechslera* sp. als bestrijdingsmiddel niet erg waarschijnlijk. De schimmel wordt gebruikt om na te gaan of door toevoeging van bepaalde stoffen aan sporensuspensies de weersafhankelijk m.b.t. de factor vocht kan worden verminderd. De resultaten van dit onderzoek zullen ook in andere situaties toepasbaar zijn, waar infectie door een schimmel door vochttekorten kan worden beperkt.

Ascochyta caulina is een pathogeen van *Chenopodium*- en *Atriplex*soorten; de cultuurgewassen spinazie en biet uit dezelfde familie zijn onvatbaar. Hij tast zowel bladeren als stengels aan. Planten van *C. album* kunnen tot ca het 8-bladstadium bestreden worden. Afhankelijk van de temperatuur is na inoculatie een incubatieperiode van 10-15 u bij hoge luchtvochtigheid nodig voor infectie. Bij veldproeven in maïs (steeds in de tweede helft van mei) werd vrijwel nooit aan deze voorwaarde voldaan. Voor verdere ontwikkeling van deze schimmel als bestrijdingsmiddel zal zijn werkzaamheid onder ongunstige weersomstandigheden verbeterd dienen te worden.

De onderzochte stammen van *Cochliobolus lunatus* (imperfect stadium *Curvularia lunata*) varieerden in virulentie op hanepoot; andere grasachtigen waren onvatbaar. Ook de meest virulente stam gaf echter onvol-

doende resultaat onder gunstige groeivoorwaarden van hanepoot. Toevoeging van subletale doseringen van het herbicide atrazin leidde in kasexperimenten, maar niet in het veld, tot het beoogde resultaat.

Binnenkort mag atrazin niet meer gebruikt worden, zodat de combinatie van de schimmel met dit herbicide in de praktijk nooit gerealiseerd kan worden. De resultaten van dit onderzoek (en soortgelijk onderzoek elders) geeft wel aan, dat de werkzaamheid van (bepaalde) pathogenen door (bepaalde) herbiciden kan worden verbeterd.

C. purpureum is zeer effectief als bestrijdingsmiddel tegen Amerikaanse vogelkers. Gemiddeld trad 90 % sterfte op na behandeling van stobben met mycelium van dit wondpathogeen. De beheersdoelstelling (schoon bosperceel op het moment van herinplanten) kan worden gehaald. Het risico voor niet-doelplanten (fruitbomen en inheemse *Prunus*soorten) is onderzocht en wordt voor de meeste situaties aanvaardbaar geacht (uitspraak PD). De haalbaarheid van praktijktoepassing als bestrijdingsmiddel wordt door een particulier bedrijf (Koppert) onderzocht.

Pathogenen die zich buiten het groeiseizoen slecht in het milieu kunnen handhaven, of die zich tijdens het groeiseizoen slechts langzaam verspreiden, kunnen effectief worden gemaakt door ze massaal op individuen van een te bestrijden plantesoort aan te brengen. Bij de huidige onderzoekscapaciteit en de tot nu toe gevolgde werkwijze kan worden verwacht dat iedere 8-10 jaar een geschikt pathogeen wordt ontdekt en als bestrijdingsmiddel in de praktijk kan worden toegepast. Tijdens het onderzoek vallen veel pathogenen af omdat hun werking onder praktijkomstandigheden gemiddeld te gering is. Oorzaken hiervoor kunnen zijn een te geringe virulentie of ongunstige weersomstandigheden kort na toediening. In het onderzoek worden langzaam vorderingen gemaakt om ook

zulke pathogenen als bestrijdingsmiddel toepasbaar te maken. Enkele mogelijkheden hiertoe zijn:

- selectie van virulentere stammen of stammen die een kortere dauwperiode nodig hebben voor infectie;
- toediening in combinatie met een andere stressfactor, b.v. een lage dosering van een herbicide, om de plant te verzwakken;
- het scheppen van een gunstig microklimaat kort na inoculatie door irrigatie of formulering van het pathogeen. Recent onderzoek heeft aangetoond dat toevoeging van olie aan sporensuspensies perspectief biedt.

Bij sommige particuliere bedrijven bestaat reeds betrekkelijk veel kennis over het drogen van microorganismen om hun houdbaarheid te vergroten. Ook over formulering om een goede verdeling van een bestrijdingsmiddel (chemische stof of levend organisme) op de plant te verkrijgen is reeds veel bekend. Om tot formulering te komen die de werkzaamheid van een levend organisme verbetert is vernieuwend onderzoek nodig.

4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Er bestaat een duidelijke behoefte aan nieuwe, selectieve en het milieu niet belastende onkruidbestrijdingsmiddelen. Zij kunnen in combinatie met andere (nieuwe of bestaande) middelen en methoden leiden tot oplossingen voor actuele en toekomstige onkruidproblemen.

Biologische bestrijdingsmiddelen kunnen aan de gestelde criteria voldoen. Het tot nu toe verrichte onderzoek biedt een goede basis voor hun ontwikkeling. De huidige onderzoekscapaciteit is echter te gering om aan de vraag naar nieuwe, selectieve bestrijdingsmiddelen te kunnen voldoen. In principe zou het bedrijfsleven hierop kunnen inspelen, maar in de praktijk reageren bedrijven nog afwachtend. Mede gelet op de maatschappelijke relevantie van milieuvriendelijke bestrijdingsmiddelen en -methoden zal de

overheid verder het voortouw moeten nemen. En gelet op de urgentie waarmee de praktijk om oplossingen vraagt, zal de onderzoeksinspanning vergroot dienen te worden.

Het onderzoeksterrein omvat aspecten van de onkruidkunde (Ok), de fytopathologie (Fyto) en de biotechnologie (Biotech). De inbreng vanuit alle basisdisciplines zou structureel vergroot moeten worden. In tabel 2 wordt de gewenste onderzoekscapaciteit aangegeven. Er is van uitgegaan, dat gelijktijdig aan meerdere projecten wordt gewerkt die zich in verschillende fasen bevinden.

Tabel 2. Voorstel tot uitbreiding en verdeling van de onderzoekscapaciteit aan biologische onkruidbestrijdingsmiddelen.

Onderzoeksfase	Discipline	Capaciteit	
		WP	MP
Selectie doelonkruiden	Ok	0,2	
Zoeken, identificeren			
en selecteren pathogenen	Fyto	0,25	1
Vaststellen bestrijdingsnorm	Ok	0,5	0,5
Werkzaamheid pathogenen +			
verbetering werkzaamheid	Fyto, Biotech	1,5	1,5
Massaproductie, toelating	bedrijfsleven	-	-
Inpassing in teeltsysteem	Ok	0,5	0,5

De inbreng vanuit het onkruidkundig onderzoek kan worden vergroot door integratie met bestaand en voorgenomen onderzoek op het CABO. Identificatie van doelonkruiden, het vaststellen van schaderelaties tussen doelonkruiden en gewassen en integratie van biologische bestrijding in teelt- en bedrijfssystemen hebben reeds hoge prioriteit. De huidige onderzoeksprioriteiten liggen vooral bij onkruiden in grasland, in maïs en suikerbiet. Indien de biologische bestrijding vooral op deze teelten gericht wordt, kunnen de onkruidkundige aspecten van biologische bestrijding tot het takenpakket van andere onderzoekers behoren.

Om de kennis en het inzicht in de interacties tussen onkruiden en ziekteverwekkers te vergroten is versterkte inbreng vanuit een fytopathologisch instituut (IPO) dringend gewenst. De huidige CABO-onderzoeker kan zich dan meer richten op mogelijkheden om de werkzaamheid van pathogenen onder veldomstandigheden te vergroten. In een dergelijke structuur zal het gemakkelijker zijn om externe gelden aan te trekken voor tijdelijke projecten, en zullen gemakkelijker structurele relaties met het bedrijfsleven tot stand komen.

P.C. Scheepens

Wageningen, juli 1988



EUROPEAN WEED RESEARCH SOCIETY

Main Subject Area

Biological Weed Control

Chairman

Dr Dieter SCHROEDER
CAB Commonwealth Institute
of Biological Control
1, Chemin des Grillons
CH-2800 Delémont

Delémont, August 22, 1988

Annual Report 1988

1) The 7th International Symposium on the Biological Control of Weeds, Rome, 6-11 March 1988

This was the main event of our MSA in 1988. As reported earlier, D. Schroeder and C.S.A. Stinson served as chairmen of the Programme Committee which turned out to be a difficult task with a view to the large number of papers offered.

The Symposium was attended by 125 scientists from 22 countries. Some 79 papers and 37 posters were presented. They were grouped under the following headings: Theory of Biological Control - addressing the selection of effective control agents and their impact on target weed species, problems of host specificity testing, the economic framework for evaluating biological weed control programmes and the application of modelling to biological weed control; Regulations - Conflict of Interest - discussing procedures to be followed in developing weed biological control programmes in Australia, New Zealand and the United States; Plant and Insect Interrelationships - stressing the great importance of investigations of plant-insect interactions and their effect on the population biology of target weed species, as well as the stress exerted by different types of control agents on host plant physiology and performance; Biological Control of Terrestrial and Aquatic Weeds - reporting on ongoing projects against 19 terrestrial and 6 aquatic weed species; The Use of Plant Pathogens - documenting the increasing interest to use pathogens as biocontrols (22 papers presented) and the major constraints in the development of micro-herbicides, like spore germination under field conditions and guaranteed rates of effectiveness.

The Symposium Proceedings, comprising 116 papers, will be published by the Ministry of Agriculture of Italy in 1988.

The 8th International Symposium on the Biological Control of Weeds will be held in 1992 at Lincoln College, Canterbury, New Zealand.

2) Meeting of the MSA Biological Weed Control during the Rome Symposium

Although 15 members of our MSA were present in Rome, the majority found it difficult to find the time to attend the planned meeting. The possibility to meet with experts from overseas after the lectures to discuss specific problems was considered of greater importance than spending the limited time available among ourselves. Therefore, it was decided to postpone the meeting of our MSA until

April 1989. The meeting will be held at Wageningen on invitation by Dr. Piet Scheepens.

3) European weed species of economic importance as potential targets for biological control

The evaluation of data obtained through questionnaires from 24 European countries (no information from the USSR and Checho-Slovakia) was presented at the Rome Symposium. In the evaluation, the abundance of weed species in nine major crops, their competitive power, and the occurrence of herbicide-resistant populations was considered. Ranked according to their economic importance the following Top Ten were identified: Chenopodium album, Amaranthus retroflexus, Solanum nigrum, Echinochloa crus-galli, Galium aparine, Cirsium arvense, Polygonum spp., Alopecurus myosuroides, Agropyron repens and Convolvulus arvensis. Research aiming at the development of native pathogens as micro-hybrids is already on the way for some of these species. During the meeting of our MSA at Wageningen in 1989, proposals for joint research projects and potential sources of funding will be discussed.

The results of the European weed survey will be summarised in a paper to be published in Weed Research in 1989.

More detailed information on the survey can be obtained from D. Schroeder on request.

4) EWRS/EPPO Co-operation on Guidelines for the Introduction and Handling of Biological Control Agents

Following a meeting with Dr. Smith at Paris on May 26, 1988, the President of EWRS, Dr. Williams, informed me that EPPO is intending to establish an ad hoc Panel sometime in the autumn of 1988. So far, no news have been received from EPPO.

In the meantime, the Council of Europe published the 6th edition of "Pesticides" - advice and recommendations to be used by national and other authorities as well as manufacturers concerned with the registration of agricultural and non-agricultural pesticides. Chapter VI. "Guidance for registration of biological agents used as pesticides" provides broad guidance for the registration of naturally occurring bacteria, protozoa, fungi, or viruses or their mutants, or other biological control agents for the control of invertebrate pests, weeds or pathogens of crops.

The question now is if EWRS should pursue its discussion with EPPO or not.

5) Biological Control of Weeds Databank

This matter has been discussed at several occasions, but little progress has so far been made. However, a first step has been made at the European Station, CIBC (CAB International Institute of Biological Control) at Delémont, Switzerland, to compile a host plant-insect file, which later on should be followed by a host plant pathogen file.

CIBC Headquarters are ready to support the establishment of a Biocontrol of Weeds Databank, but the format of the databank has still to be discussed in detail. Our MSA will discuss this matter during our meeting in Wageningen, and especially

the potential contributions during the period of data compilation by individual group members.

At present it is believed that a dBase III file on a IBM PC will be adequate to start with.

6) Other Matters

An increasing workload and frequent trips to areas outside Europe made it impossible to start an internal Newsletter, etc. It is hoped that other group members will be ready to take over some of the work in 1989 in order to fill the gaps left at present.


D. Schroeder

Centre for Agrobiological Research (CABO), P.O. Box 14, 6700 AA Wageningen,
The Netherlands.

Present and future activities on weed control with plant pathogens
in The Netherlands

1. Development and registration of *Chondrostereum purpureum* to control *Prunus serotina* in forests (with a private company)
2. Increase of efficacy of mycoherbicides under field conditions
3. Isolation and selection of pathogens from weeds in grassland, sugar beet and maize (table 1)
4. Integration of biological control and other techniques in integrated cropping systems

Table 1. Target weeds for biological control in The Netherlands

Target Weed:	Crop	Pathogens found
<i>Chenopodium album</i>	maize, sugar beet	<i>Ascochyta caulina</i>
<i>Cirsium arvense</i>	grassland ¹⁾	<i>Puccinia punctiformis</i>
<i>Echinochloa crus-galli</i>	maize, sugar beet	<i>Cochliobolus lunatus</i>
<i>Elymus (=Agropyron) repens</i>	grassland, maize	
<i>Galium aparine</i>	sugar beet	
<i>Matricaria chamomilla</i>	sugar beet	
<i>Poa annua</i>	grassland (and vegetables)	
<i>Solanum nigrum</i>	maize (and vegetables)	

1) in conservation areas with no herbicide use

2) dependent on external funding

Wageningen, October, 1988

P.C. Scheepens